

Off nlegungsschrift  
DE 199 21 987 A 1

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 L 33/00**

**DE 199 21 987 A 1**

(21) Aktenzeichen: 199 21 987.7  
 (22) Anmeldetag: 12. 5. 99  
 (43) Offenlegungstag: 18. 11. 99

P 150532/98	13. 05. 98	JP
P 358549/98	17. 12. 98	JP
P 56357/99	04. 03. 99	JP

⑦① Anmelder:  
Toyoda Gosei Co., Ltd., Aichi, JP

⑦4 Vertreter:  
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

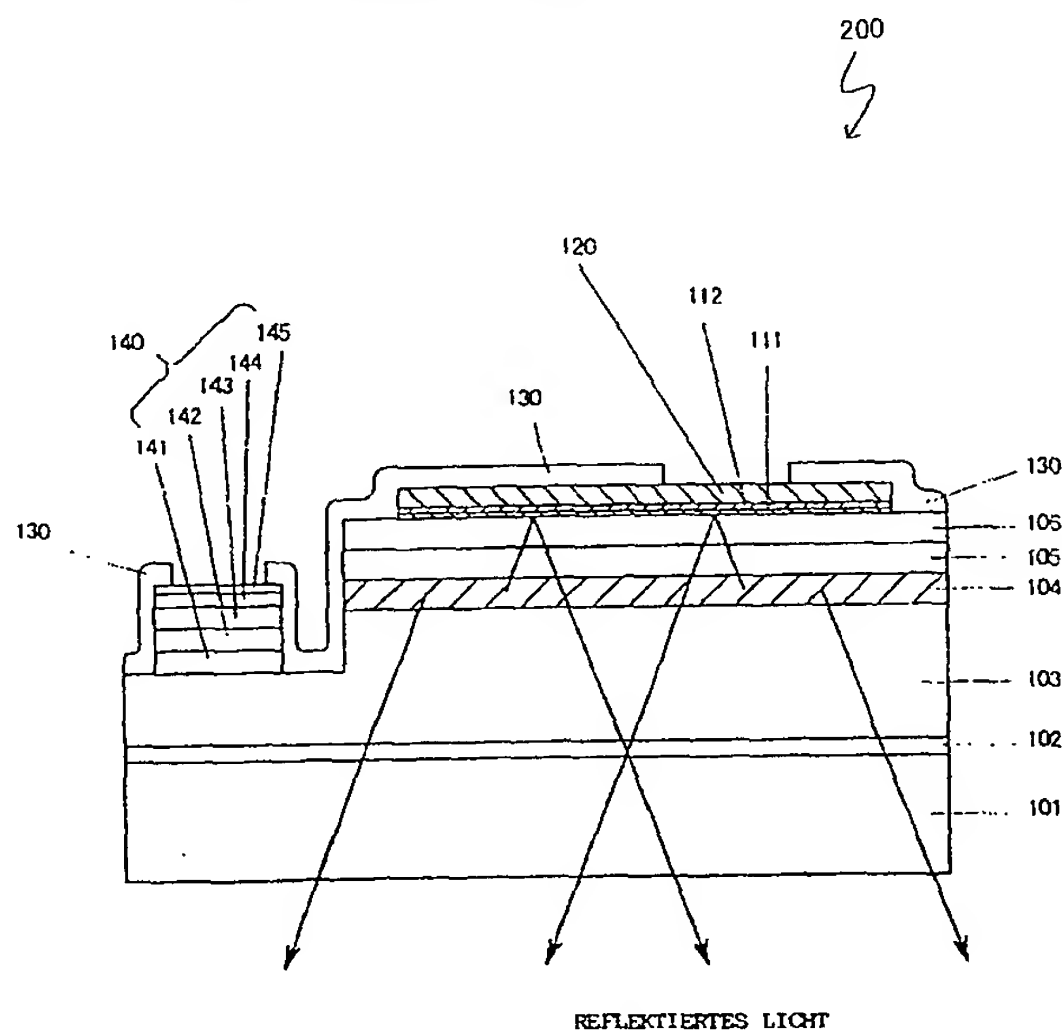
Uemura, Toshiya, Tsushima, Aichi, JP; Horiuchi, Shigemi, Nagoya, Aichi, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Licht-Abstrahlende Halbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen

(57) Eine Licht abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung (100; 200; 300; 150; 500; 600) mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen weist eine dicke positive Elektrode (120) auf. Die positive Elektrode (120) aus zumindest Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung ist zu einer p-dotierten Halbleiterschicht (106) benachbart angeordnet und reflektiert Licht zu einem Saphirsubstrat (101) hin. Demzufolge kann eine positive Elektrode (120) mit einem hohen Reflexionsvermögen und einem geringen Kontaktwiderstand erzielt werden. Eine zwischen der p-dotierten Halbleiterschicht (106) und der dicken Elektrode (120) ausgebildeten ersten Dünnschicht-Metallschicht (111) aus Kobalt (Co) und Nickel (Ni) oder einer beliebigen, zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Verbindung, kann die Haftung zwischen einer Kontaktschicht und der dicken positiven Elektrode (120) verbessern. Die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallelektrode (111) sollte vorzugsweise im Bereich von 2  $\mu$ m bis 200  $\mu$ m liegen, bevorzugt im Bereich von 5  $\mu$ m bis 50  $\mu$ m. Eine zweite Dünnschicht-Metallschicht (112) aus Gold (Au) kann die Haftung weiter verbessern.



**DE 199 21 987 A 1**

Die Erfindung betrifft eine Licht-abstrahlende Schwenkspitzehalbleitervorrichtung (engl. flip tip type), die auf einem Saphirsubstrat ausgebildete Gruppe-III-Element-Nitrid-Schichten aufweist. Im speziellen betrifft die Erfindung eine Vorrichtung mit einer hohen Lichtstärke und einer niedrigen Ansteuerungsspannung.

Fig. 7 zeigt eine Schnittansicht eines bekannten Lichtabstrahlenden Halbleiters 400 nach Schwenkspitzenbauart. Die Bezugszeichen 101, 102, 103, 104, 105, 106, 120, 130 und 140 bezeichnen ein Saphirsubstrat, eine Pufferschicht aus AlN oder GaN, eine n-dotierte GaN-Schicht, eine Abstrahlungsschicht, eine p-dotierte AlGaIn-Schicht, eine p-dotierte GaN-Schicht, eine positive Elektrode, eine Schutzschicht und eine negative Elektrode mit einem Vielschichtaufbau. Dabei ist die mit der Schicht 106 verbundene dicke positive Elektrode 120 eine Metallschicht mit einer Dicke von 3000 Å (10 Å = 1 nm), die aus Metallen wie Nickel (Ni) oder Kobalt (Co) ausgebildet ist.

Zur wirksamen Reflexion des von einer Abstrahlungsschicht 104 abgestrahlten Lichtes zu einem Saphirsubstrat 101 hin wird üblicherweise eine dicke Metallelektrode als positive Schwenkspitzenelektrode 120 verwendet.

Es verbleibt jedoch ein Problem hinsichtlich der Lichtstärke. Bei der bekannten Vorrichtung wurden Metalle wie Nickel (Ni) oder Kobalt (Co) zur Ausbildung der dicken positiven Elektrode 120 verwendet. Deswegen war das Reflexionsvermögen für die sichtbaren (violetten, blauen und grünen) Strahlen, deren Wellenlängen im Bereich von 380 nm bis 550 nm liegen, unzureichend, und die Vorrichtung konnte keine adäquate Lichtstärke als Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung erzielen. Daher wurden weitere Verbesserungen erforderlich, wie sie vorliegend durch die Erfinder gewürdigt sind.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Lichtabstrahlende Halbleitervorrichtung mit einer hohen Lichtstärke und einer niedrigen Ansteuerungsspannung anzugeben.

Weiterhin wird eine Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung angegeben, deren Elektrode ein hohes Reflexionsvermögen und eine hohe Zuverlässigkeit aufweist, und bei der der Aufbau der Elektroden vereinfacht ist.

Die vorliegende Aufgabe wird gemäß einer ersten Ausgestaltung der Erfindung durch eine Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung unter Verwendung eines durch Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiterschichten gebildeten Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiters gelöst, der auf einem Substrat und einer positiven Elektrode unter Beinhaltung von zumindest einer Schicht einer ersten positiven Elektrodenschicht ausgebildet ist, die mit einer p-dotierten Halbleiterschicht elektrisch verbunden ist und Licht zu dem Substrat hin reflektiert. Die positive Elektrode weist zumindest Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt) oder Palladium (Pd) oder eine zumindest eines dieser Metalle enthaltende Legierung auf. Die Dicke der positiven Elektrode sollte vorzugsweise im Bereich von 100 Å bis 5 µm liegen.

Zweitens wird erfindungsgemäß ein Vielschichtaufbau aus einer Vielzahl von Metallarten bei der vorstehend beschriebenen Elektrode ausgebildet. Wenn die auf oder über, d. h. vergleichsweise nahe der an der p-dotierten Halbleiterschicht ausgebildete erste positive Elektrode aus Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung ausgebildet ist, kommt die Wirkung der Erfindung zum Tragen. Nahezu alle der die erste positive Elektrodenschicht enthaltenden Unterschichten, die im Be-

reich von 1000 Å unter der positiven Elektrode angeordnet sind, sollten bevorzugt ebenfalls aus den vorstehend beschriebenen Metallen ausgebildet sein.

Drittens wird erfindungsgemäß eine erste Dünnschicht-Metallschicht aus zumindest Kobalt (Co), Nickel (Ni) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung zwischen der p-dotierten Halbleiterschicht und der ersten positiven Elektrodenschicht ausgebildet.

Viertens wird erfindungsgemäß die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallschicht im Bereich von 2 Å bis 200 Å definiert. Die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallschicht sollte vorzugsweise im Bereich von 5 Å bis 50 Å liegen.

Fünftens wird erfindungsgemäß eine zweite Dünnschicht-Metallschicht aus zumindest Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung zwischen der ersten Dünnschicht-Metallschicht und der ersten positiven Elektrodenschicht ausgebildet.

Sechstens wird erfindungsgemäß die Dicke der zweiten Dünnschicht-Metallschicht im Bereich von 10 Å bis 500 Å ausgebildet. Die Dicke der zweiten Dünnschicht-Metallschicht sollte vorzugsweise im Bereich von 30 Å bis 300 Å liegen.

Siebtens wird erfindungsgemäß die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht im Bereich von 0,01 µm bis 5 µm definiert. Die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht sollte vorzugsweise im Bereich von 0,05 µm bis 1 µm liegen.

Achtens wird erfindungsgemäß eine zweite positive Elektrodenschicht zumindest aus Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung auf der ersten positiven Elektrodenschicht ausgebildet.

Neuntens wird erfindungsgemäß die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht im Bereich von 0,03 µm bis 5 µm definiert. Die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht sollte vorzugsweise im Bereich von 0,05 µm bis 3 µm liegen, bevorzugter im Bereich von 0,5 µm bis 2 µm.

Zehntens wird erfindungsgemäß eine dritte positive Elektrodenschicht aus zumindest Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung auf der ersten positiven Elektrodenschicht oder der zweiten positiven Elektrodenschicht ausgebildet.

Elftens wird erfindungsgemäß die Dicke der dritten positiven Elektrodenmetallschicht im Bereich von 3 Å bis 1000 Å definiert. Die Dicke der dritten positiven Elektrodenschicht sollte vorzugsweise im Bereich von 3 Å bis 1000 Å bzw. 10 Å bis 500 Å und noch bevorzugter im Bereich von 15 Å bis 100 Å bzw. 5 Å bis 500 Å liegen.

Zwölftens wird erfindungsgemäß die erste positive Elektrodenschicht aus zumindest Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung auf der p-dotierten Halbleiterschicht ausgebildet.

Dreizehtens weist erfindungsgemäß die positive Elektrode einen Vielschichtaufbau mit den nachstehenden drei Schichten auf: eine erste positive Elektrodenschicht aus zumindest Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung; eine zweite positive Elektrodenschicht aus zumindest Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung, die unmittelbar auf der ersten positiven Elektrodenschicht ausgebildet ist; und eine dritte positive Elektrodenschicht aus zumindest Titan (Ti), Chrom (Cr), oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierungen, die unmittelbar auf der zweiten positiven Elektrodenschicht ausgebildet ist. Die erste positive Elektrodenschicht ist unmittelbar mit der p-dotierten Halbleiterschicht verbunden.

Vierzehntens werden erfindungsgemäß die Dicken der ersten, zweiten und der dritten positiven Elektrodenschichten im Bereich von 0,02 µm bis 2 µm, bzw. 0,05 µm bis 3 µm,

bzw. 5 Å bis 500 Å definiert.

Fünftehtens wird erfindungsgemäß eine Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit einem Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiter angegeben, der durch auf einem Substrat ausgebildete Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiterschichten und einer zumindest eine Schicht einer auf oder über einer p-dotierten Halbleiterschicht ausgebildeten ersten positiven Elektroden-schicht enthaltenden und Licht zu dem Substrat hin reflektierenden positiven Elektrode gebildet ist. Die positive Elektrode weist einen Dreischichtaufbau auf, gebildet durch eine erste positive Elektroden-schicht aus zumindest Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung, eine unmittelbar auf der ersten positiven Elektroden-schicht ausgebildete zweite positive Elektroden-schicht aus Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung und eine unmittelbar auf der zweiten Elektroden-schicht ausgebildete dritte positive Elektroden-schicht zumindest aus Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung.

Sechzehntens wird erfindungsgemäß eine vierte positive Elektroden-schicht aus zumindest Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung unmittelbar auf der dritten positiven Elektroden-schicht ausgebildet.

Siebzehntens wird erfindungsgemäß eine isolierende Schutzschicht aus zumindest Siliziumoxid ( $\text{SiO}_2$ ), Silizium-nitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), einer Titanverbindung ( $\text{Ti}_x\text{N}_x$ , usw.) oder Polyamid unmittelbar auf den dritten und vierten positiven Elektroden-schichten ausgebildet.

Da jedes der Elemente Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt) und Palladium (Pd) ein großes Reflexionsvermögen  $R$  ( $0,6 < R < 1,0$ ) im Hinblick auf sichtbare (violette, blaue und grüne) Strahlen aufweist, deren Wellenlänge im Bereich von 380 nm bis 550 nm liegt, verbessert die Verwendung eines dieser Metalle oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung zur Ausbildung der ersten positiven Elektroden-schicht das Reflexionsvermögen der positiven Elektrode. Demzufolge kann die erfindungsgemäße Vorrichtung eine hinreichende Lichtstärke als Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung erzielen.

Fig. 6 zeigt eine Tabelle zur Veranschaulichung der Eigenschaften der bei der ersten positiven Elektroden-schicht verwendeten Metalle. Einzelheiten der Auflistung sind bei den nachstehend aufgeführten Ausführungsbeispielen beschrieben. Eine von den in Fig. 6 gezeigten vielfältigen Bewertungen ausgehende Beurteilung ergibt, daß die fünf Metallarten, d. h. Rhodium (Rh), Platin (Pt), Ruthenium (Ru), Silber (Ag) und Palladium (Pd) nachweislich zur Ausbildung der ersten positiven Elektroden-schicht die Besten sind.

Da diese fünf Metalle eine hohe Austrittsarbeit aufweisen, ist der Kontaktwiderstand zwischen der p-dotierten Halbleiterschicht und Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) und einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung gering. Das bedeutet, daß durch die Verwendung dieser Metalle eine Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung mit einer niedrigen Anstevenspannung bereitgestellt werden kann.

Da diese Metalle außerdem Edelmetalle oder Metalle der Platingruppe sind, wird beispielsweise die Altersdegenerierung der Korrosionsbeständigkeit gegen Feuchtigkeit verbessert, und es kann durch die Verwendung dieser Metalle eine hochqualitative Elektrode bereitgestellt werden.

Obwohl Rhodium (Ph) hinsichtlich des Reflexionsvermögens etwas schlechter als Silber (Ag) ist, weist es im Vergleich zu anderen Metallen bei anderen Eigenschaften die gleichen oder überlegene Eigenschaften auf. Daher ist Rhodium (Ph) zur Ausbildung der ersten positiven Elektroden-schicht nachweislich eines der besten Metalle.

Außerdem weist Ruthenium (Ru) ähnliche oder fast gleiche Eigenschaften wie Rhodium (Rh) auf. Folglich ist es zur Ausbildung der ersten positiven Elektroden-schicht nachweislich auch eines der besten Metalle.

Durch die Ausbildung der ersten Dünnschicht-Metallschicht wird die Haftung zwischen der ersten positiven Elektroden-schicht und der p-dotierten Halbleiterschicht verbessert, und es kann eine Licht-abstrahlende Vorrichtung mit einem haltbareren Aufbau bereitgestellt werden. Die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallschicht sollte vorzugsweise im Bereich von 2 Å bis 200 Å liegen. Wenn die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallschicht weniger als 2 Å beträgt, kann keine dauerhafte Haftung erzielt werden, und wenn sie über 200 Å liegt, wird das Lichtreflexionsvermögen der die dicke erste positive Elektroden-schicht ausbildenden Elemente Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) und einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung unzureichend.

Weiterhin wird durch die Ausbildung der zweiten Dünnschicht-Metallschicht die Haftung zwischen der ersten positiven Elektroden-schicht und der p-dotierten Halbleiterschicht verbessert, und es kann eine Lichtabstrahlende Halbleitervorrichtung mit einem noch dauerhafteren Aufbau bereitgestellt werden. Die Dicke der zweiten Dünnschicht-Metallschicht sollte vorzugsweise im Bereich von 10 Å bis 500 Å liegen. Wenn die Dicke der zweiten Dünnschicht-Metallschicht weniger als 10 Å beträgt, kann keine dauerhafte Haftung erzielt werden, und wenn sie über 500 Å liegt, wird das Lichtreflexionsvermögen der die erste positive Elektroden-schicht ausbildenden Elemente Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) und einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung unzureichend.

Die Dicke der ersten positiven Elektroden-schicht liegt im Bereich von 0,01 µm bis 5 µm. Wenn die Dicke der ersten positiven Elektroden-schicht geringer als 0,01 µm ist, durchdringt abgestrahltes Licht die Schicht, ohne reflektiert zu werden, und wenn die Dicke über 5 µm beträgt, ist zuviel Zeit zur Ausbildung erforderlich, was für die Massenproduktion unvorteilhaft ist.

Durch die Ausbildung der zweiten positiven Elektroden-schicht kann die positive Elektrode bereitgestellt werden, ohne den Widerstand der dicken positiven Elektrode zu erhöhen. Damit bei der Ausbildung eines Zuleitungswerkstoffes, einer Goldkugel oder einer Drahtverbindung eine durch Erwärmung und Abkühlung verursachte widrige Wirkung vermieden wird, sollte die Dicke der positiven Elektrode vorzugsweise mehr als 0,1 µm betragen. Da Gold (Au) ein leicht auszubildender Werkstoff ist und eine überlegene Korrosionsbeständigkeit aufweist, und da es eine starke Haftung gegenüber einem Zuleitungswerkstoff, einer Goldkugel oder einer Drahtverbindung aufweist, ist die Verwendung von Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung zur Ausbildung der zweiten positiven Elektroden-schicht zu bevorzugen.

Die Dicke der zweiten positiven Elektroden-schicht sollte vorzugsweise im Bereich von 0,03 µm bis 5 µm liegen. Wenn die Dicke der zweiten positiven Elektroden-schicht weniger als 0,03 µm beträgt, kann keine hinreichende Wirkung erzielt werden, und wenn sie über 5 µm liegt, ist zuviel Zeit zur Ausbildung der Elektroden erforderlich.

Wenn außerdem die Dicke der zweiten positiven Elektroden-schicht mehr als 5 µm beträgt, wird die Dicke der negativen Elektrode unnötigerweise für die Ausbildung einer Zuleitung oder einer Goldkugel dicker, was unerwünscht ist, wie es bei dem nachstehenden dritten Ausführungsbeispiel



beschrieben ist.

Durch die Ausbildung der dritten positiven Elektroden-  
schicht (im Falle der sechzehnten erfindungsgemäßen Aus-  
gestaltung die vierte positive Elektroden-  
schicht) aus zumindest Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines die-  
ser Metalle enthaltenden Legierung kann, wenn eine isolie-  
rende Schicht aus beispielsweise Siliziumoxid ( $\text{SiO}_2$ ), Sili-  
ziumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) oder Polyamid zwischen die auf gegen-  
überliegenden Seiten des Substrats ausgebildeten positiven  
und negativen Elektroden ausgebildet wird, ein Abblättern  
der isolierenden Schicht von den positiven Elektroden ver-  
hindert werden. Demzufolge kann die dritte positive Elek-  
troden-  
schicht ein Kurzschließen durch einen Zuleitungs-  
werkstoff während der Ausbildung einer Zuleitung verhin-  
dern. Die Dicke der dritten positiven Elektroden-  
schicht sollte vorzugsweise im Bereich von 3 Å bis 1000 Å liegen.  
Wenn die Dicke der dritten positiven Elektroden-  
schicht weniger als 3 Å beträgt, kann keine dauerhafte Haftung an die  
isolierende Schicht erzielt werden, und wenn sie über  
1000 Å beträgt, kann keine dauerhafte Haftung an die Kon-  
taktwerkstoffe wie einem Zuleitungswerkstoff oder einer  
Goldkugel erzielt werden, was unerwünscht ist.

Da die positive Elektrode mit dem wie vorstehend be-  
schriebenen Vielschichtaufbau ein hohes Reflexionsvermö-  
gen und eine große Beständigkeit gegen Feuchtigkeit auf-  
weist, kann die Schutzschicht teilweise vereinfacht werden.  
Daher kann die positive Elektrode an eine externe Elektrode  
ohne die Verwendung einer Drahtverbindung angeschlossen  
werden.

Der Schwenkspitzentyp einer Licht-abstrahlenden Halb-  
leitervorrichtung gemäß der fünfzehnten Ausgestaltung der  
Erfindung unterscheidet sich von denen gemäß der drei-  
zehnten und der vierzehnten Ausgestaltung der Erfindung  
hinsichtlich der Bestandteile der zweiten und dritten positi-  
ven Elektroden-  
schichten. Die Halbleitervorrichtung gemäß  
der fünfzehnten Ausgestaltung kann die gleiche Wirkung  
wie die gemäß der dreizehnten und vierzehnten Ausgestal-  
tung gezeigte bereitstellen.

Nachstehend wird die Erfindung anhand von Ausführ-  
ungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügte  
Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

**Fig. 1** eine Schnittansicht einer Licht-abstrahlenden  
Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung **100** gemäß dem er-  
sten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

**Fig. 2** eine Schnittansicht einer Licht-abstrahlenden  
Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung **200** gemäß dem zwei-  
ten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

**Fig. 3** eine Tabelle zum Vergleich des Verhaltens der  
Lichtabstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtungen  
**100**, **200** und **400** gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel  
der Erfindung;

**Fig. 4** eine Schnittansicht einer Licht-abstrahlenden  
Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung **300** gemäß dem drit-  
ten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

**Fig. 5A** eine Tabelle zum Vergleich der Lichtstärken der  
vorstehend beschriebenen Licht-abstrahlenden Halbleiter-  
vorrichtung **300** und der bekannten Lichtabstrahlenden  
Halbleitervorrichtung **400** gemäß dem dritten Ausführungs-  
beispiel der Erfindung;

**Fig. 5B** eine Tabelle zum Vergleich der alterungsbeding-  
ten Schwankungen der Lichtstärken der Licht-abstrahlenden  
Halbleitervorrichtung **500** und der bekannten Lichtabstrahl-  
enden Halbleitervorrichtung **400**;

**Fig. 6** eine Tabelle der Eigenschaften von für die erste po-  
sitive Elektroden-  
schicht verwendeten Metallen gemäß dem  
dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

**Fig. 7** eine Schnittansicht einer bekannten Lichtabstrahl-  
enden Halbleitervorrichtung **400**;

**Fig. 8** eine Schnittansicht einer erfindungsgemäßen  
Lichtabstrahlenden Halbleitervorrichtung **150**;

**Fig. 9** eine Draufsicht einer Licht-abstrahlenden Halblei-  
tervorrichtung **500** gemäß einem Ausführungsbeispiel der in  
**Fig. 4** gezeigten Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung  
**300**; und

**Fig. 10** eine Schnittansicht einer Licht-abstrahlenden  
Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung **600** gemäß dem fünf-  
ten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

#### Erstes Ausführungsbeispiel

**Fig. 1** zeigt eine Schnittansicht einer Licht-abstrahlenden  
Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung **100**. Die Halbleiter-  
vorrichtung **100** weist ein Saphirsubstrat **101** auf, auf dem  
aufeinanderfolgend eine Pufferschicht **102** aus Nitridalumi-  
nium (AlN) mit einer Dicke von 200 Å und eine n<sup>+</sup>-dotierte  
Schicht **103** mit einer Dicke von 4,0 µm und einer hohen La-  
dungsträgerkonzentration ausgebildet sind.

Zudem ist auf der n<sup>+</sup>-dotierten Schicht **103** eine mit einer  
Mehrfachquantentopfstruktur (MQW) aus GaN und  
Ga<sub>0,8</sub>In<sub>0,2</sub>N aufgebaute Abstrahlungsschicht **104** ausgebil-  
det. Eine Mg-dotierte p-Schicht **105** aus Al<sub>0,15</sub>Ga<sub>0,85</sub>N mit  
einer Dicke aus 600 Å ist auf der Abstrahlungsschicht **104**  
ausgebildet. Weiterhin ist eine Mg-dotierte p-Schicht **106**  
aus GaN mit einer Dicke von 1500 Å auf der p-Schicht **105**  
ausgebildet.

Eine erste Dünnschicht-Metallschicht **111** wird durch eine  
Metallabscheidung auf der p-Schicht **106** ausgebildet und  
eine negative Elektrode **140** wird auf der n<sup>+</sup>-dotierten  
Schicht **103** ausgebildet. Die erste Dünnschicht-Metall-  
schicht **111** ist zumindest aus Kobalt (Co) und Nickel (Ni)  
mit einer Dicke von etwa 10 Å ausgebildet und ist benach-  
bart zu der p-Schicht **106** angeordnet. Eine positive Elek-  
trode (erste positive Elektroden-  
schicht) **120** ist zumindest  
aus Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt),  
Palladium (Pd) oder einer zumindest eines dieser Elemente  
enthaltenden Legierung mit einer Dicke von etwa 3000 Å  
ausgebildet.

Die negative Elektrode **140** mit einem Vielschichtaufbau  
wird auf einem freigelegten Abschnitt der n<sup>+</sup>-dotierten  
Schicht **103** mit der hohen Ladungsträgerkonzentration aus-  
gebildet. Der Vielschichtaufbau weist die nachstehenden  
fünf Schichten auf: eine etwa 175 Å dicke Vanadiumschicht  
**141** (V); eine etwa 1000 Å dicke Aluminiumschicht **142**  
(Al); eine etwa 500 Å dicke Vanadiumschicht **143** (V); eine  
etwa 5000 Å dicke Nickelschicht **144** (Ni); und eine etwa  
8000 Å dicke Goldschicht **145** (Au). Eine Schutzschicht **130**  
aus SiO<sub>2</sub> wird auf der oberen Oberfläche ausgebildet.

Wie vorstehend beschrieben, wird die Lichtstärke um  
etwa 10–50% im Vergleich zu der unter den Nr. 1 und 2 in  
**Fig. 3** gezeigten bekannten Licht-abstrahlenden Halbleiter-  
vorrichtung **400** verbessert, wenn die positive Elektrode **120**  
aus zumindest Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru),  
Platin (Pt), Palladium (Pa) und einer zumindest eines dieser  
Metalle enthaltenden Legierung ausgebildet ist.

#### Zweites Ausführungsbeispiel

**Fig. 2** zeigt eine Schnittansicht einer erfindungsgemäßen  
Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung  
**200**. Die Halbleitervorrichtung **200** unterscheidet sich von  
der bei dem ersten Ausführungsbeispiel beschriebenen le-  
diglich durch die Ausbildung einer zweiten Dünnschicht-  
Metallschicht **112** auf der ersten Dünnschicht-Metallschicht  
**111**. Die zweite Dünnschicht-Metallschicht **112** ist mit einer  
Dicke von etwa 150 Å aus Gold ausgebildet, wobei sie  
durch eine Metallabscheidung nach Ausbildung der ersten

Dünnschicht-Metallschicht **111** ausgebildet ist, und zwar auf die gleiche Weise, wie die erste Dünnschicht-Metallschicht **111** aus Kobalt (Co) oder Nickel (Ni) mit einer Dicke von 10 Å ausgebildet wurde.

Die Ausbildung dieser zweiten Dünnschicht-Metallschicht **112** zwischen der ersten Dünnschicht-Metallschicht **111** und der positiven Elektrode (erste positive Elektroden-schicht) **120** ermöglicht eine dauerhaftere Verbindung der positiven Elektrode **120** mit der Schicht **106**.

Fig. 3 zeigt eine Tabelle zum Vergleich des Verhaltens der Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtungen **100**, **150**, **200** bzw. **400**. Die Tabelle der Fig. 3 zeigt außerdem das Verhalten einer in Fig. 8 gezeigten Lichtabstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung (Nr. 3 oder 3.1), die eine positive Elektrode **120** aus zumindest Silber (Ag) oder Rhodium (Rh) aufweist und unmittelbar mit der p-Schicht **106** ohne die erste Dünnschicht **111** des ersten Ausführungsbeispiels verbunden ist.

Wie in dieser Tabelle gezeigt ist, wird die Lichtstärke der erfindungsgemäßen Halbleitervorrichtung **100** oder **200**, welche die positive Elektrode **120** aus Metallschichten mit zumindest Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pa) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung aufweisen, um etwa 10–50% im Vergleich zu der unter den Nr. 1 und 2 in Fig. 3 gezeigten bekannten Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung **400** verbessert.

Zudem wird hinsichtlich der unter den Nr. 1 und 2 gezeigten Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung **400** keine erste Dünnschicht-Metallschicht ausgebildet, da die positive Elektrode **120** selbst aus Kobalt (Co) oder Nickel (Ni) ausgebildet ist, was eine hinreichende Anhaftung zwischen der positiven Elektrode **120** und der Schicht **106** sicherstellt. Die unter den Nr. 1 und 2 in Fig. 3 gezeigte Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung **400**, welche die positive Elektrode **120** aus Kobalt (Co) oder (Ni) enthält, weist einen niedrigen relativen Lichtstärke auf, da das Reflexionsvermögen der die positive Elektrode **120** bildenden Metallelemente gering ist. Demzufolge beruht die Überlegenheit oder Unterlegenheit der in Fig. 3 gezeigten relativen Lichtstärken nicht auf der Existenz der ersten Dünnschicht-Metallschicht **111**.

Es kann im Gegenteil für den Fall, daß die erste oder die zweite Dünnschicht-Metallschicht **111** bzw. **112** nicht existiert, eine große Lichtstärke erzielt werden, wenn die positive Elektrode **120** zumindest Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) oder eine zumindest eines dieser Metalle enthaltende Legierung aufweist, wie aus einem Vergleich der Nr. 3 mit den Nr. 4 und 8 aus Fig. 3 ersichtlich ist. Die Lichtstärke zeigt einen ausgezeichneten Wert, obwohl die Haftung zwischen der positiven Elektrode **120** und der Schicht **106** bis zu einem gewissen Grad geringer ist. Dies liegt an den fehlenden ersten und zweiten Dünnschicht-Metallschichten **111** bzw. **112**, welche Licht absorbieren.

Wie in Fig. 8 gezeigt ist, kann insbesondere die Lichtabstrahlende Halbleitervorrichtung **150** etwa die gleiche Lichtstärke wie die unter Nr. 8 aufgeführte Lichtabstrahlende Halbleitervorrichtung aufweisen, wenn bei der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung **150** die positive Schicht **120** aus Rhodium (Rh) etwa 3000 Å dick unmittelbar auf eine p-dotierte GaN-Schicht **106** ohne eine Ausbildung der ersten oder zweiten Dünnschicht-Metallschicht ausgebildet wird, wobei die Eigenschaften der Halbleitervorrichtung **150** unter Nr. 3.1 in Fig. 3 aufgeführt sind. Außerdem kann dabei weiterhin eine gleiche oder dauerhaftere Haftung an die GaN-Schicht erreicht werden. Diese Umstände werden bei der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung **150**

durch ein hohes Reflexionsvermögen von Rhodium (Rh) und eine feste Anhaftung von Rhodium (Rh) an die GaN-Schicht **106** verursacht. Demzufolge ist die unter Nr. 3.1 angeführte Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung **150** der unter Nr. 5 in Fig. 3 angeführten Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung **100** in diesen Punkten überlegen.

Kurz gesagt, die Herstellung einer Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung **150** gemäß Nr. 3.1 aus Fig. 3 bedeutet, in der Lage zu sein, eine Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung mit hinreichenden Eigenschaften hinsichtlich der Lichtstärke und Haftung bereit zu stellen, da die Eigenschaften von Rhodium (Rh) eine Ausbildung ohne die erste oder zweite Dünnschicht-Metallschicht erlauben. Weil für die Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung **150** ein Ausbildungsvorgang für die erste oder zweite Dünnschicht-Metallschicht nicht erforderlich ist, kann daher eine hinreichende Massenproduktivität verwirklicht werden.

Bei diesem Ausführungsbeispiel weist die in den Fig. 1, 2 und 8 gezeigte positive Elektrode **120** eine Dicke von etwa 3000 Å auf. Optional kann die Dicke der Elektrode im Bereich von 100 Å bis 5 µm liegen. Wenn die Dicke der positiven Elektrode **120** weniger als 100 Å beträgt, wird das Reflexionsvermögen für Licht unzureichend. Beträgt die Dicke mehr als 5 µm, ist zuviel Zeit und Material für die Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke für kostensensibles Herstellungsverhalten unbrauchbar ist.

Bei diesem Ausführungsbeispiel weist die erste Dünnschicht-Metallschicht **111** eine Dicke von etwa 10 Å auf. Optional kann die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallschicht **111** im Bereich von 2 Å bis 200 Å liegen. Die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallschicht **111** sollte bevorzugter im Bereich von 5 Å bis 50 Å liegen. Ist die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallschicht **111** zu gering, wird die Bindungswirkung der positiven Elektrode **120** an die GaN-Schicht **106** geschwächt, ist sie zu groß, tritt eine Lichtabsorption in ihr auf und die Lichtstärke wird vermindert.

Bei diesem Ausführungsbeispiel weist die zweite Dünnschicht-Metallschicht **112** eine Dicke von etwa 150 Å auf. Optional kann die Dicke der zweiten Dünnschicht-Metallschicht **112** im Bereich von 10 Å bis 500 Å liegen. Die Dicke der zweiten Dünnschicht-Metallschicht **112** sollte bevorzugter im Bereich von 30 Å bis 300 Å liegen. Wenn die Dicke der zweiten Dünnschicht-Metallschicht **112** zu gering ist, wird die Bindung der positiven Elektrode **120** an die erste Dünnschicht-Metallschicht **111** geschwächt, und wenn sie zu groß ist, tritt eine Lichtabsorption in ihr auf und die Lichtstärke wird vermindert.

Bei diesem Ausführungsbeispiel weist die positive Elektrode **120** einen Einzelschichtaufbau auf. Optional kann die positive Elektrode **120** einen Vielschichtaufbau aufweisen. Die 1,4 µm dicke positive Elektrode kann durch aufeinanderfolgende Abscheidung von beispielsweise etwa 5000 Å Silber (Ag), etwa 800 Å Nickel (Ni) und 8000 Å Gold (Au) auf die GaN-Schicht **106**, die erste Dünnschicht-Metallschicht **111** oder die zweite Dünnschicht-Metallschicht **112** ausgebildet werden. Durch eine positive Elektrode mit diesem Vielschichtaufbau kann eine Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung mit hinreichend hohem Reflexionsvermögen und hinreichend hoher Strahlungsleistung erzielt werden.

#### Drittes Ausführungsbeispiel

Fig. 4 zeigt eine Schnittansicht einer Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung **300**. Die Halbleitervorrichtung weist ein Saphirsubstrat **101** auf, auf dem aufeinanderfolgend eine Pufferschicht **102** aus Nitridaluminium (AlN) mit einer Dicke von 200 Å und eine n<sup>+</sup>-dotierte



Schicht 103 mit einer Dicke von 4,0 µm und einer hohen Ladungsträgerkonzentration ausgebildet sind.

Zudem ist eine Abstrahlungsschicht 104 mit einer Mehrfachquantentopfstruktur (MQW) aus GaN und  $\text{Ga}_{0,8}\text{In}_{0,2}\text{N}$  auf der  $n^+$ -dotierten Schicht 103 ausgebildet. Eine Mg-dotierte p-Schicht 105 aus  $\text{Al}_{0,15}\text{Ga}_{0,85}\text{N}$  mit einer Dicke von 600 Å ist auf der Abstrahlungsschicht 104 ausgebildet. Weiterhin ist eine Mg-dotierte p-Schicht 106 aus GaN mit einer Dicke von 1500 Å auf der p-Schicht 105 ausgebildet.

Eine positive Elektrode 120, die nachstehend auch als positive Mehrfachelektrode 120 bezeichnet werden kann, ist durch ein Metallabscheidungsverfahren auf der p-Schicht 106 ausgebildet, und eine negative Elektrode 140 ist auf der  $n^+$ -dotierten Schicht 103 ausgebildet. Die positive Mehrfachelektrode 120 ist in einem Dreischichtaufbau mit einer zu der p-Schicht 106 benachbarten ersten positiven Elektrodenschicht 121, einer auf der ersten positiven Elektrodenschicht 121 ausgebildeten zweiten positiven Elektrodenschicht 122 und einer auf der zweiten positiven Elektrodenschicht 122 ausgebildeten dritten positiven Elektrodenschicht 123 ausgebildet.

Die erste positive Elektrodenschicht 121 ist eine zu der p-Schicht 106 benachbarte Metallschicht, die aus Rhodium (Rh) mit einer Dicke von etwa 0,1 µm ausgebildet ist. Die zweite positive Elektrodenschicht 122 ist eine Metallschicht aus Gold (Au) mit einer Dicke von etwa 1,2 µm. Die dritte positive Elektrodenschicht 123 ist eine Metallschicht aus Titan (Ti) mit einer Dicke von etwa 20 Å.

Eine negative Elektrode 140 mit einem Vielschichtaufbau ist auf einem freigelegten Abschnitt der  $n^+$ -dotierten Schicht 103 mit der hohen Ladungsträgerkonzentration ausgebildet. Der Vielschichtaufbau weist die nachstehenden fünf Schichten auf: eine etwa 175 Å dicke Vanadiumschicht 141 (V); eine etwa 1000 Å dicke Aluminiumschicht 142 (Al); eine etwa 500 Å dicke Vanadiumschicht 143 (V); eine etwa 5000 Å dicke Nickelschicht 144 (Ni); und eine etwa 8000 Å dicke Goldschicht 145 (Au).

Eine Schutzschicht 130 aus einer  $\text{SiO}_2$ -Schicht ist zwischen der positiven Mehrfachelektrode 120 und der negativen Elektrode 140 ausgebildet. Die Schutzschicht 130 bedeckt einen Abschnitt der zur Ausbildung der negativen Elektrode 140 freigelegten  $n^+$ -dotierten Schicht 103, die Seiten der Abstrahlungsschicht 104, der p-Schicht 105 und der durch Ätzen freigelegten p-Schicht 106, einen Abschnitt der oberen Oberfläche der p-Schicht 106, die Seiten der ersten positiven Elektrodenschicht 121, der zweiten positiven Elektrodenschicht 122 und der dritten positiven Elektrodenschicht 123, und einen Abschnitt einer oberen Oberfläche der dritten positiven Elektrodenschicht 123. Die Dicke der einen Abschnitt der oberen Oberfläche der dritten positiven Elektrodenschicht 123 bedeckenden Schutzschicht 130 beträgt 0,5 µm.

Fig. 5A zeigt eine Tabelle zum Vergleich der Lichtstärken der vorstehend beschriebenen Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung mit denen der bekannten Lichtabstrahlenden Halbleitervorrichtung 400. Wie in Fig. 5A gezeigt, kann die Strahlungsleistung erfindungsgemäß um etwa 30–40% im Vergleich zum Stand der Technik verbessert werden.

Da der Aufbau der Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung 300 ihr eine hohe Lichtstärke und Zuverlässigkeit ermöglicht, kann die Schutzschicht 130 auf einer beträchtlichen Fläche weggelassen werden, und sowohl die positive als auch die negative Elektrode können eine ausgedehntere Fläche für einen Anschluß an eine externe Elektrode verwenden. Durch eine unmittelbare Ausbildung einer Zuleitung durch ein Lötmetall oder einer Goldkugel auf die positive und die negative Elektrode wird die Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung 300 invertiert und kann

unmittelbar an eine Schaltungsplatine angeschlossen werden.

Zudem kann die Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung 300 auch mit einer externen Elektrode durch eine Drahtverbindung verbunden werden.

Bei dem dritten Ausführungsbeispiel weist die positive Mehrfachelektrode 120 eine Dicke von etwa 1,3 µm auf. Optional kann die Dicke der positiven Mehrfachelektrode 120 im Bereich von 0,11 µm bis 10 µm liegen. Liegt die Dicke der positiven Mehrfachelektrode 120 unter 0,11 µm, wird das Reflexionsvermögen für Licht unzureichend, und es kann keine dauerhafte Haftung an Verbindungswerkstoffe wie einer Zuleitung, einer Goldkugel usw. erreicht werden. Liegt jedoch die Dicke der positiven Mehrfachelektrode 120 über 10 µm, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke für kostensensibles Herstellungsverhalten unbrauchbar ist.

Bei dem dritten Ausführungsbeispiel weist die erste positive Elektrodenschicht 121 eine Dicke von etwa 0,1 µm auf. Optional kann die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht 121 im Bereich von 0,01 µm bis 5 µm liegen. Die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht 121 sollte bevorzugter im Bereich von 0,05 µm bis 1 µm liegen. Beträgt die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht 121 zu wenig, wird das Reflexionsvermögen für Licht unzureichend, beträgt sie jedoch zu viel, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke für kostensensibles Herstellungsverhalten unbrauchbar ist.

Bei dem dritten Ausführungsbeispiel weist die zweite positive Elektrodenschicht 122 eine Dicke von etwa 1,2 µm auf. Optional kann die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht 122 im Bereich von 0,03 µm bis 5 µm liegen. Die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht 122 sollte vorzugsweise im Bereich von 0,1 µm bis 5 µm liegen, bevorzugter im Bereich von 0,2 µm bis 3 µm und noch bevorzugter von 0,5 µm bis 2 µm. Wenn die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht 122 zu gering ist, kann keine dauerhafte Haftung an Verbindungswerkstoffe wie einer Zuleitung, einer Goldkugel usw. erreicht werden. Ist jedoch ihre Dicke zu groß, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke sowohl für die zweite positive Elektrodenschicht 122 als auch die negative Elektrode 140 hinsichtlich eines kostensensiblen Herstellungsverhaltens unbrauchbar ist.

Bei dem dritten Ausführungsbeispiel weist die dritte positive Elektrodenschicht 123 eine Dicke von etwa 20 Å auf. Optional kann die Dicke der dritten positiven Elektrodenschicht 123 im Bereich von 3 Å bis 1000 Å liegen. Die Dicke der dritten positiven Elektrodenschicht 123 sollte vorzugsweise im Bereich von 5 Å bis 1000 Å liegen, bevorzugter im Bereich von 10 Å bis 500 Å und noch bevorzugter von 15 Å bis 100 Å. Wenn die Dicke der dritten positiven Elektrodenschicht 123 zu gering ist, wird die Haftung an die Schutzschicht 130 geschwächt, und wenn sie zu groß ist, wird der Widerstand zu hoch.

Bei dem dritten Ausführungsbeispiel ist die dritte positive Elektrodenschicht 123 aus Titan (Ti). Optional kann die dritte positive Elektrodenschicht 123 aus Titan (Ti) oder Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung ausgebildet sein.

Fig. 6 zeigt eine Tabelle der Eigenschaften der bei der ersten positiven Elektrodenschicht 121 verwendeten Metalle. Die Bewertungspunkte ① bis ⑥ haben die nachstehende Bedeutung:

① REFLEXIONSVERMÖGEN: Grad des Reflexionsvermögens sichtbarer (violetter, blauer und grüner) Strahlen, deren Wellenlänge im Bereich von 380 nm bis 550 nm liegt, wenn eine gewisse Lichtmenge durch die Abstrah-

lungsschicht 104 abgestrahlt wird;

② KONTAKTWIDERSTAND (ANSTEUERUNGSSPANNUNG): Höhe der Ansteuerungsspannung der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung im Zusammenhang mit dem Kontaktwiderstand der GaN-Schicht;

③ HAFTFÄHIGKEIT DER GaN-SCHICHT: Ein Maß für die Auftretungshäufigkeit eines durch eine vorbestimmte Belastungsprüfung ermittelten Fehlers;

④ KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT: Eine Bewertung durch die Eigenschaften jedes Metalls;

⑤ STABILITÄT DER EIGENSCHAFTEN NACH DER AUSBILDUNG VON Au: Eine Bewertung des Anstiegs der Ansteuerspannung mit der Zeit, nachdem die zweite positive Elektrodenschicht 122 aus Gold (Au) bei der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 300 ausgebildet wurde, und der Abnahme des Reflexionsvermögens für die sichtbaren Strahlen;

⑥ GESAMTBEWERTUNG (MASSENHERSTELLUNG): Eine Gesamtbewertung auf der Grundlage der vorstehend beschriebenen Punkte ① bis ⑤ hinsichtlich einer Massenfertigung der erfindungsgemäßen Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung.

Insbesondere hinsichtlich der Schwenkspitzenbauart einer Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung sollten die Bewertungen in den Punkten ① und ② für eine Massenfertigung der licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung besser als "GUT" ausfallen. Demzufolge zeigt die in Fig. 6 gezeigte Auflistung die Brauchbarkeit der Vorrichtung an.

Obwohl Rhodium (Rh) hinsichtlich des Reflexionsvermögens (①) geringfügig Silber (Ag) unterlegen ist, zeigt es in den Punkten ② bis ⑤ im Vergleich zu den anderen Metallen die gleichen oder überlegene Eigenschaften. Folglich ist Rhodium nachweislich eines der besten Metalle für die Ausbildung der positiven Elektrode bzw. der ersten positiven Elektrodenschicht.

Außerdem weist Ruthenium (Ru) ähnliche oder fast gleiche Eigenschaften wie Rhodium (Rh) auf. Folglich ist es zur Ausbildung der positiven Elektrode bzw. der ersten positiven Elektrodenschicht nachweislich auch eines der besten Metalle.

#### Viertes Ausführungsbeispiel

Fig. 9 zeigt eine Draufsicht einer licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 500, einem Ausführungsbeispiel der in Fig. 4 gezeigten erfindungsgemäßen Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 300. Da die Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung 500 nahezu den gleichen Aufbau wie den der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 300 aufweist, sind alle Schichten mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet und es werden für sie die gleichen Metalle wie für die in Fig. 4 gezeigten Schichten verwendet.

Dann wurden die alterungsbedingten Schwankungen der Lichtstärke der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 500 gemessen. Fig. 5B zeigt eine Tabelle zum Vergleich der alterungsbedingten Schwankungen der Lichtstärken der Lichtabstrahlenden Halbleitervorrichtung 500 und der bekannten Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 400. Wie in Fig. 5B gezeigt ist, können erfindungsgemäß hinsichtlich der Lichtstärke nach 100 h 95% und nach 1000 h 90% des Anfangswertes aufrechterhalten werden, während bei der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 400 lediglich 90% des Anfangswertes nach 100 h und 85% nach 1000 h aufrechterhalten werden können. Demzufolge kann erfindungsgemäß die Zuverlässigkeit im Vergleich zu der bekannten Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 400 verbessert werden.

Da der Aufbau der Licht-abstrahlenden Schwenkspitzen-

halbleitervorrichtung 500 ihr eine hohe Lichtstärke und Zuverlässigkeit ermöglicht, kann die Schutzschicht 130 auf einer beträchtlichen Fläche weggelassen werden und sowohl die positive als auch die negative Elektrode können eine ausgedehntere Fläche für den Anschluß einer externen Elektrode verwenden. Wie in Fig. 9 gezeigt ist, können die negative Elektrode und die positive Elektrode über 10% bzw. über 40% der oberen Fläche der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 500 einnehmen. Deswegen kann die Verbindung zu einer externen Elektrode nicht auf eine Drahtverbindung beschränkt sein. Optional können die Elektroden mit einer externen Elektrode durch die unmittelbare Ausbildung einer Zuleitung mit Lötmetall oder einer Goldkugel auf die positive und die negative Elektrode verbunden werden, oder die Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung 500 wird invertiert und kann unmittelbar mit einer Schaltungsplatine verbunden werden.

Bei dem vierten Ausführungsbeispiel weist die positive Mehrfachelektrode 120 eine Dicke von etwa 1,5 µm auf. Optional kann die Dicke der positiven Mehrfachelektrode 120 im Bereich von 0,11 µm bis 10 µm liegen. Liegt die Dicke der positiven Mehrfachelektrode 120 unter 0,11 µm, wird das Reflexionsvermögen für Licht unzureichend, und es kann keine dauerhafte Haftung an Verbindungswerkstoffe wie einer Zuleitung, einer Goldkugel usw. erreicht werden. Liegt jedoch die Dicke der positiven Mehrfachelektrode 120 über 10 µm, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke für kostensensibles Herstellungsverhalten unbrauchbar ist.

Bei dem vierten Ausführungsbeispiel weist die erste positive Elektrodenschicht 121 eine Dicke von etwa 0,3 µm auf. Optional kann die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht 121 im Bereich von 0,01 µm bis 5 µm liegen. Die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht 121 sollte bevorzugter im Bereich von 0,05 µm bis 1 µm liegen. Beträgt die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht 121 zu wenig, wird das Reflexionsvermögen für Licht unzureichend, beträgt sie jedoch zu viel, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke für kostensensibles Herstellungsverhalten unbrauchbar ist.

Bei dem vierten Ausführungsbeispiel weist die zweite positive Elektrodenschicht 122 eine Dicke von etwa 1,2 µm auf. Optional kann die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht 122 im Bereich von 0,03 µm bis 5 µm liegen. Die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht 122 sollte vorzugsweise im Bereich von 0,05 µm bis 3 µm bzw. von 0,1 µm bis 5 µm liegen, bevorzugter im Bereich von 0,2 µm bis 3 µm und noch bevorzugter von 0,5 µm bis 2 µm. Wenn die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht 122 zu gering ist, kann keine dauerhafte Haftung an Verbindungswerkstoffe wie einer Zuleitung, einer Goldkugel usw. erreicht werden. Ist jedoch ihre Dicke zu groß, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke sowohl für die zweite positive Elektrodenschicht 122 als auch die negative Elektrode 140 hinsichtlich eines kostensensiblen Herstellungsverhaltens unbrauchbar ist.

Bei dem vierten Ausführungsbeispiel weist die dritte positive Elektrodenschicht 123 eine Dicke von etwa 20 Å auf. Optional kann die Dicke der dritten positiven Elektrodenschicht 123 im Bereich von 3 Å bis 1000 Å liegen. Die Dicke der dritten positiven Elektrodenschicht 123 sollte vorzugsweise im Bereich von 5 Å bis 1000 Å liegen, bevorzugter im Bereich von 10 Å bis 500 Å und noch bevorzugter von 15 Å bis 100 Å. Wenn die Dicke der dritten positiven Elektrodenschicht 123 zu gering ist, wird die Haftung an die Schutzschicht 130 geschwächt, und wenn sie zu groß ist, wird der Widerstand zu hoch.

Bei dem vierten Ausführungsbeispiel ist die dritte posi-



tive Elektrodenschicht **123** aus Titan (Ti). Optional kann die dritte positive Elektrodenschicht **123** aus Chrom (Cr) sein.

#### Fünftes Ausführungsbeispiel

Fig. 10 zeigt eine Schnittansicht einer Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung **600**. Die Halbleitervorrichtung **600** weist ein Saphirsubstrat **101** auf, auf dem aufeinanderfolgend eine Pufferschicht **102** aus Nitridaluminium (AlN) mit einer Dicke von 200 Å und einer n<sup>+</sup>-dotierten Schicht **103** mit einer Dicke von 4,0 µm und einer hohen Ladungsträgerkonzentration ausgebildet sind.

Zudem ist auf der n<sup>+</sup>-dotierten Schicht **103** eine mit einer Mehrfachquantentopfstruktur (MQW) aus GaN und Ga<sub>0,8</sub>In<sub>0,2</sub>N aufgebaute Abstrahlungsschicht **104** ausgebildet. Eine Mg-dotierte p-Schicht **105** aus Al<sub>0,15</sub>Ga<sub>0,85</sub>N mit einer Dicke von 600 Å ist auf der Abstrahlungsschicht **104** ausgebildet. Weiterhin ist eine Mg-dotierte p-Schicht **106** aus GaN mit einer Dicke von 1500 Å auf der p-Schicht **105** ausgebildet.

Eine positive Elektrode **120**, die nachstehend auch als positive Mehrfachelektrode **120** bezeichnet werden kann, ist durch ein Metallabscheidungsverfahren auf der p-Schicht **106** ausgebildet, und eine negative Elektrode **140** ist auf der n<sup>+</sup>-dotierten Schicht **103** ausgebildet. Die positive Mehrfachelektrode **120** ist in einem Dreischichtaufbau mit einer zu der p-Schicht **106** benachbarten ersten positiven Elektrodenschicht **121**, einer auf der ersten positiven Elektrodenschicht **121** ausgebildeten zweiten positiven Elektrodenschicht **122** und einer auf der zweiten positiven Elektrodenschicht **122** ausgebildeten dritten positiven Elektrodenschicht **123** ausgebildet.

Die erste positive Elektrodenschicht **121** ist eine zu der p-Schicht **106** benachbarte Metallschicht, die aus Rhodium (Rh) mit einer Dicke von etwa 3000 Å ausgebildet ist. Die zweite positive Elektrodenschicht **122** ist eine Metallschicht aus Titan (Ti) mit einer Dicke von etwa 100 Å. Die dritte positive Elektrodenschicht **123** ist eine Metallschicht aus Gold (Au) mit einer Dicke von etwa 500 Å.

Eine negative Elektrode **140** mit einem Vielschichtaufbau ist auf einem freigelegten Abschnitt der n<sup>+</sup>-dotierten Schicht **103** mit der hohen Ladungsträgerkonzentration ausgebildet. Der Vielschichtaufbau weist die nachstehenden fünf Schichten auf: eine etwa 175 Å dicke Vanadiumschicht **141** (V); eine etwa 1000 Å dicke Aluminiumschicht **142** (Al); eine etwa 500 Å dicke Vanadiumschicht **143** (V); eine etwa 5000 Å dicke Nickelschicht **144** (Ni); und eine etwa 8000 Å dicke Goldschicht **145** (Au).

Eine Schutzschicht **130** aus einer SiO<sub>2</sub>-Schicht ist zwischen der positiven Mehrfachelektrode **120** und der negativen Elektrode **140** ausgebildet. Die Schutzschicht **130** bedeckt einen Abschnitt der zur Ausbildung der negativen Elektrode **140** freigelegten n<sup>+</sup>-dotierten Schicht **103**, die Seiten der Abstrahlungsschicht **104**, der p-Schicht **105** und der durch Ätzen freigelegten p-Schicht **106**, einen Abschnitt der oberen Oberfläche der p-Schicht **106**, die Seiten der ersten positiven Elektrodenschicht **121**, der zweiten positiven Elektrodenschicht **122** und der dritten positiven Elektrodenschicht **123**, und einen Abschnitt einer oberen Oberfläche der dritten positiven Elektrodenschicht **123**. Die Dicke der einen Abschnitt der oberen Oberfläche der dritten positiven Elektrodenschicht **123** bedeckenden Schutzschicht **130** beträgt 0,5 µm.

Erfindungsgemäß kann die Strahlungsleistung im Vergleich zum Stand der Technik um etwa 30–40% verbessert werden.

Da der Aufbau der Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung **600** ihr eine hohe Lichtstärke und Zu-

verlässigkeit ermöglicht, kann die Schutzschicht **130** auf einer beträchtlichen Fläche weggelassen werden, und sowohl die positive als auch die negative Elektrode können eine ausgedehntere Fläche für einen Anschluß an eine externe Elektrode verwenden. Durch eine unmittelbare Ausbildung einer Zuleitung durch ein Lötmetall oder einer Goldkugel auf die positive und die negative Elektrode wird die Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung **600** invertiert und kann unmittelbar an eine Schaltungsplatine angeschlossen werden.

Zudem kann die Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung **600** außerdem mit einer externen Elektrode durch eine Drahtverbindung verbunden werden.

Bei dem fünften Ausführungsbeispiel weist die positive Mehrfachelektrode **120** eine Dicke von etwa 0,36 µm auf. Optional kann die Dicke der positiven Mehrfachelektrode **120** im Bereich von 0,11 µm bis 10 µm liegen. Liegt die Dicke der positiven Mehrfachelektrode **120** unter 0,11 µm, wird das Reflexionsvermögen für Licht unzureichend, und es kann keine dauerhafte Haftung an Verbindungswerkstoffe wie einer Zuleitung, einer Goldkugel usw. erreicht werden. Liegt jedoch die Dicke der positiven Mehrfachelektrode **120** über 10 µm, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke für kostensensibles Herstellungsverhalten unbrauchbar ist.

Bei dem fünften Ausführungsbeispiel weist die erste positive Elektrodenschicht **121** eine Dicke von etwa 3000 Å auf. Optional kann die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht **121** im Bereich von 0,01 µm bis 5 µm liegen. Die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht **121** sollte bevorzugter im Bereich von 0,05 µm bis 1 µm liegen. Beträgt die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht **121** zu wenig, wird das Reflexionsvermögen für Licht unzureichend, beträgt sie jedoch zu viel, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke für kostensensibles Herstellungsverhalten unbrauchbar ist.

Bei dem fünften Ausführungsbeispiel weist die zweite positive Elektrodenschicht **122** eine Dicke von etwa 100 Å auf. Optional kann die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht **122** im Bereich von 3 Å bis 1000 Å liegen. Die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht **122** sollte vorzugsweise im Bereich von 5 Å bis 1000 Å liegen, bevorzugter im Bereich von 5 Å bis 500 Å und noch bevorzugter von 15 Å bis 100 Å. Wenn die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht **122** zu gering ist, kann keine dauerhafte Haftung an Verbindungswerkstoffe wie einer Zuleitung, einer Goldkugel usw. erreicht werden. Ist jedoch ihre Dicke zu groß, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke sowohl für die zweite positive Elektrodenschicht **122** als auch die negative Elektrode **140** hinsichtlich eines kostensensiblen Herstellungsverhaltens unbrauchbar ist.

Bei dem fünften Ausführungsbeispiel weist die dritte positive Elektrodenschicht **123** eine Dicke von etwa 500 Å auf. Optional kann die Dicke der dritten positiven Elektrodenschicht **123** im Bereich von 0,03 µm bis 5 µm liegen. Die Dicke der dritten positiven Elektrodenschicht **123** sollte vorzugsweise im Bereich von 0,05 µm bis 3 µm bzw. 0,1 µm bis 5 µm liegen, bevorzugter im Bereich von 0,2 µm bis 3 µm und noch bevorzugter von 0,5 µm bis 2 µm. Wenn die Dicke der dritten positiven Elektrodenschicht **123** zu gering ist, wird die Haftung an die Schutzschicht **130** geschwächt, und wenn sie zu groß ist, wird der Widerstand zu hoch.

Bei dem fünften Ausführungsbeispiel ist die dritte positive Elektrodenschicht **123** aus Gold (Au). Optional kann eine vierte positive Elektrode **124** aus Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung auf die dritte positive Elektrodenschicht **123** mit der



Breite der dritten positiven Elektroden-schicht gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel ausgebildet werden.

Im Hinblick auf den Aufbau der Schichten für die Elektroden bei dem ersten bis fünften Ausführungsbeispiel ist die physikalische und chemische Zusammensetzung jeder Schicht in der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung zum Zeitpunkt ihrer Abscheidung angeführt. Es ist nicht nötig, darauf hinzuweisen, daß feste Lösungen oder chemische Verbindungen zwischen allen Schichten durch physikalische oder chemische Behandlungen wie einer Wärmebehandlung ausgebildet werden, damit eine dauerhaftere Haftung erzielt oder ein Kontaktwiderstand verringert wird.

Bei dem ersten bis fünften Ausführungsbeispiel weist die Abstrahlungsschicht 104 eine MQW-Struktur (Mehrfachquantentopf) auf. Optional kann die Abstrahlungsschicht 104 eine SQW-Struktur (Einzelquantentopf) oder eine homozygote bzw. homogene Struktur aufweisen. Außerdem kann erfindungsgemäß eine Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiterschicht (inklusive einer Pufferschicht) der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung aus einer quaternären, ternären oder binären Schichtverbindung  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x+y \leq 1$ ) ausgebildet sein.

Optional können Metallnitride wie Titannitrid (TiN) und Hafniumnitrid (HfN) oder Metalloxide wie Zinkoxid (ZnO), Magnesiumoxid (MgO) und Manganoxid (MnO) zur Ausbildung der Pufferschicht verwendet werden.

Bei den Ausführungsbeispielen wird Magnesium (Mg) als p-Dotierung verwendet. Optional können Gruppe-II-Elemente wie Beryllium (Be) oder Zink (Zn) verwendet werden. Zudem können zur Herabsetzung des Widerstandes der p-dotierten Halbleiterschicht aktive Behandlungen wie die Bestrahlung mit Elektronenstrahlen oder ein Ausheilverfahren ausgeführt werden.

Bei diesen Ausführungsbeispielen ist die n<sup>+</sup>-dotierte Schicht 103 einer hohen Ladungsträgerdichte aus Si-dotiertem Galliumnitrid (GaN). Optional können diese n-dotierten Halbleiterschichten durch Dotierung des vorstehend beschriebenen Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiters mit Gruppe-IV-Elementen wie Silizium (Si) oder Germanium (Ge), oder mit Gruppe-VI-Elementen ausgebildet werden.

Bei den Ausführungsbeispielen wird für das Substrat Saphir verwendet. Optional kann Siliziumkarbid (SiC), Zinkoxid (ZnO), Magnesiumoxid (MgO) oder Manganoxid (MnO) zur Ausbildung des Substrats verwendet werden.

Wie vorstehend beschrieben wurde, weist erfindungsgemäß eine Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung 100, 200, 300, 150, 500, 600 mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen eine dicke positive Elektrode 120 auf. Die positive Elektrode 120 aus zumindest Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung ist zu einer p-dotierten Halbleiterschicht 106 benachbart angeordnet und reflektiert Licht zu einem Saphirsubstrat 101 hin. Demzufolge kann eine positive Elektrode 120 mit einem hohen Reflexionsvermögen und einem geringen Kontaktwiderstand erzielt werden. Eine zwischen der p-dotierten Halbleiterschicht 106 und der dicken Elektrode 120 ausgebildete erste Dünnschicht-Metallschicht 111 aus Kobalt (Co) und Nickel (Ni) oder einer beliebigen zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Verbindung kann die Haftung zwischen einer Kontaktschicht und der dicken positiven Elektrode 120 verbessern. Die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallelektrode 111 sollte vorzugsweise im Bereich von 2 Å bis 200 Å liegen, bevorzugter im Bereich von 5 Å bis 50 Å. Eine zweite Dünnschicht-Metallschicht 112 aus Gold (Au) kann die Haftung weiter verbes-

sern.

Während die Erfindung vorstehend in Verbindung mit den derzeit als am praktischsten und bevorzugtesten angesehenen Ausführungsbeispielen beschrieben ist, soll die Erfindung nicht als auf die offenbarten Ausführungsbeispiele beschränkt angesehen werden, sondern es ist im Gegenteil beabsichtigt, innerhalb des Bereiches der nachstehenden Patentansprüche enthaltene mannigfaltige Abwandlungen und gleichwertige Anordnungen abzudecken.

#### Patentansprüche

1. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung (100; 200; 300; 150; 500; 600) mit einem Substrat (101); Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiterschichten (102, 103, 104, 105, 106), die auf dem Substrat (101) ausgebildet sind; und eine positive Elektrode (120), die zumindest eine Schicht aus einer ersten positiven Elektroden-schicht (120; 121) enthält, die auf oder über einer p-dotierten Halbleiterschicht (106) ausgebildet ist und Licht zu dem Substrat (101) hin reflektiert, wobei die erste positive Elektroden-schicht (120; 121) zumindest aus Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung ausgebildet ist.
2. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 1, wobei die positive Elektrode (120) einen Mehrschichtaufbau aus vielen Metallarten aufweist.
3. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 1, zudem mit einer ersten Dünnschicht-Metallschicht (111), die aus zumindest Kobalt (Co), Nickel (Ni) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung zwischen der p-dotierten Halbleiterschicht (106) und der ersten positiven Elektroden-schicht (120) ausgebildet ist.
4. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 2, zudem mit einer ersten Dünnschicht-Metallschicht (111), die aus zumindest Kobalt (Co), Nickel (Ni) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung zwischen der p-dotierten Halbleiterschicht (106) und der ersten positiven Elektroden-schicht (120) ausgebildet ist.
5. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach den Ansprüchen 3 und 4, wobei die Dicke der ersten Metall-Dünnschicht (111) im Bereich von 2 Å bis 200 Å liegt.
6. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach den Ansprüchen 3 und 4, zudem mit einer zweiten Dünnschicht-Metallschicht (112), die zumindest aus Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung zwischen der ersten Dünnschicht-Metallschicht (111) und der ersten positiven Elektroden-schicht (120) ausgebildet ist.
7. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 6, wobei die Dicke der zweiten Dünnschicht-Metallschicht (112) im Bereich von 10 Å bis 500 Å liegt.
8. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen

nach Anspruch 1, wobei die Dicke der ersten positiven Elektroden-schicht (121) im Bereich von 0,01 µm bis 5 µm liegt.

9. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 1, wobei die positive Elektrode (120) zudem eine zweite positive Elektroden-schicht (122) aufweist, die zumindest aus Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung auf der ersten positiven Elektroden-schicht (121) ausgebildet ist.

10. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 9, wobei die Dicke der zweiten positiven Elektroden-schicht (122) im Bereich von 0,03 µm bis 5 µm liegt.

11. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach den Ansprüchen 1 und 9, wobei die positive Elektrode (120) zudem eine dritte positive Elektroden-schicht (123) aufweist, die zumindest aus Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung auf der zweiten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist.

12. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 11, wobei die Dicke der dritten positiven Elektroden-schicht (123) im Bereich von 3 Å bis 1000 Å liegt.

13. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit einem Substrat;

Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiterschichten, die auf dem Substrat ausgebildet sind; und einer positiven Elektrode, die auf oder über einer p-dotierten Halbleiterschicht ausgebildet ist und Licht zu dem Substrat hin reflektiert, wobei die positive Elektrode einen Dreischichtaufbau aufweist, mit einer ersten positiven Elektroden-schicht, die zumindest aus Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung ausgebildet ist;

einer zweiten positiven Elektroden-schicht, die zumindest aus Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung unmittelbar auf der ersten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist; und

einer dritten positiven Elektroden-schicht, die zumindest aus Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung unmittelbar auf der zweiten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist.

14. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 13, wobei die Dicken der ersten, zweiten und dritten positiven Elektroden-schichten im Bereich von 0,02 µm bis 2 µm bzw. 0,05 µm bis 3 µm bzw. 5 Å bis 500 Å liegen.

15. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 13, zudem mit einer ersten Dünnschicht-Metallschicht, die aus zumindest Kobalt (Co), Nickel (Ni) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung zwischen der p-dotierten Halbleiterschicht und der ersten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist.

16. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 13, zudem mit einer zweiten Dünnschicht-Metallschicht, die zumindest aus Gold (Au)

oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung zwischen der ersten Dünnschicht-Metallschicht und der ersten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist.

17. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 13, wobei eine isolierende Schutz-schicht (130) aus Siliziumoxid (SiO<sub>2</sub>), Siliziumnitrid (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>), einer Titanverbindung (Ti<sub>x</sub>N<sub>y</sub>, usw.) oder Polyamid unmittelbar auf der dritten positiven Elektroden-schicht (123) ausgebildet ist.

18. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit einem Substrat;

Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiterschichten, die auf dem Substrat ausgebildet sind; und einer positiven Elektrode, die auf oder über einer p-dotierten Halbleiterschicht ausgebildet ist und Licht zu dem Substrat hin reflektiert, wobei die positive Elektrode einen Dreischichtaufbau aufweist, mit einer ersten positiven Elektroden-schicht, die zumindest aus Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung ausgebildet ist;

einer zweiten positiven Elektroden-schicht, die zumindest aus Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung unmittelbar auf der ersten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist; und

einer dritten positiven Elektroden-schicht, die zumindest aus Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung unmittelbar auf der zweiten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist.

19. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 18, wobei die Dicken der ersten, zweiten und dritten positiven Elektroden-schichten im Bereich von 0,02 µm bis 2 µm bzw. 5 Å bis 500 Å bzw. 0,05 µm bis 3 µm liegen.

20. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 18, zudem mit einer vierten positiven Elektroden-schicht aus zumindest Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung, die unmittelbar auf der dritten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist.

21. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach den Ansprüchen 18 und 20, wobei eine isolierende Schutz-schicht aus Siliziumoxid (SiO<sub>2</sub>), Siliziumnitrid (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>), einer Titanverbindung (Ti<sub>x</sub>N<sub>y</sub>, usw.) oder Polyamid unmittelbar auf der dritten positiven Elektroden-schicht bzw. auf der vierten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist.

---

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG. 1

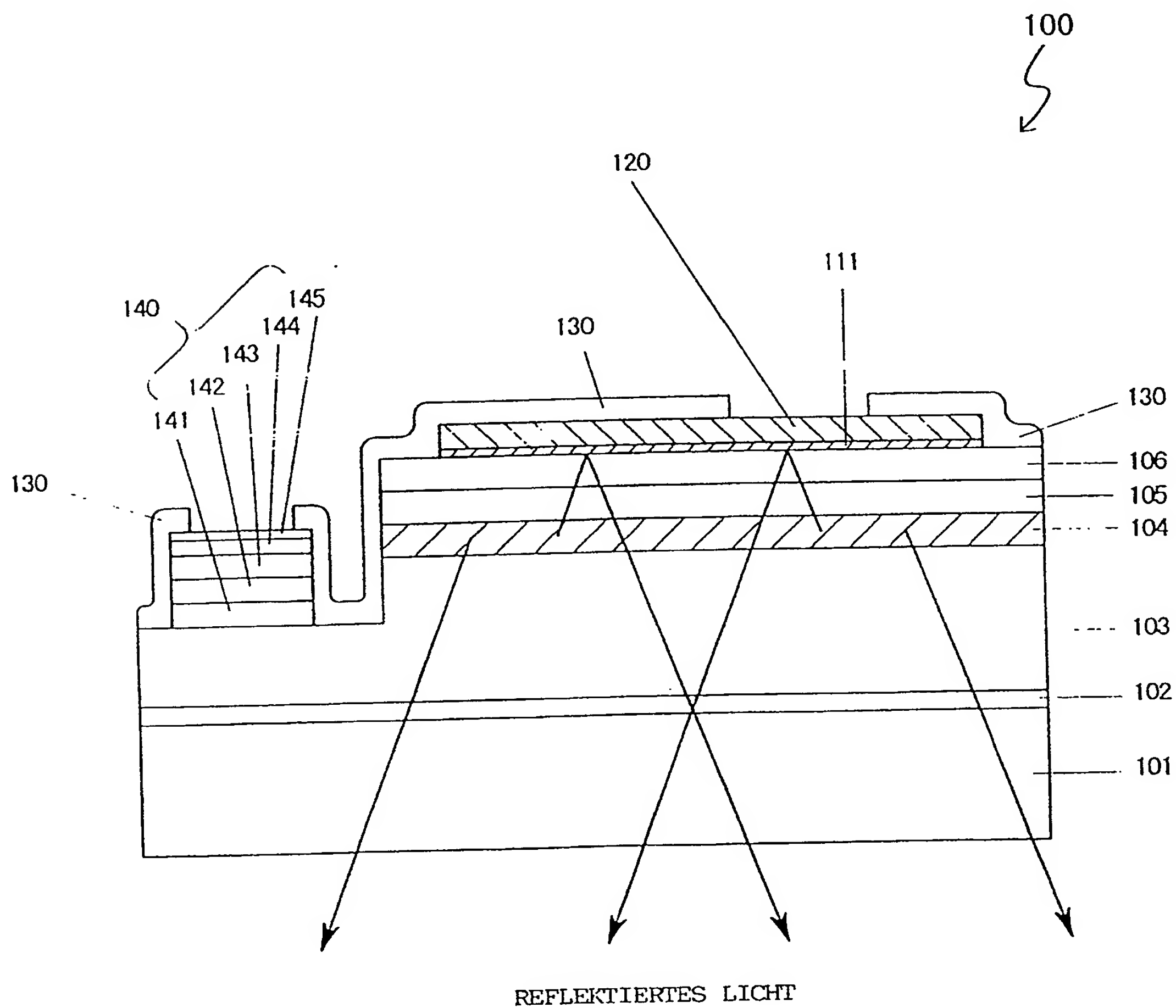




FIG. 2

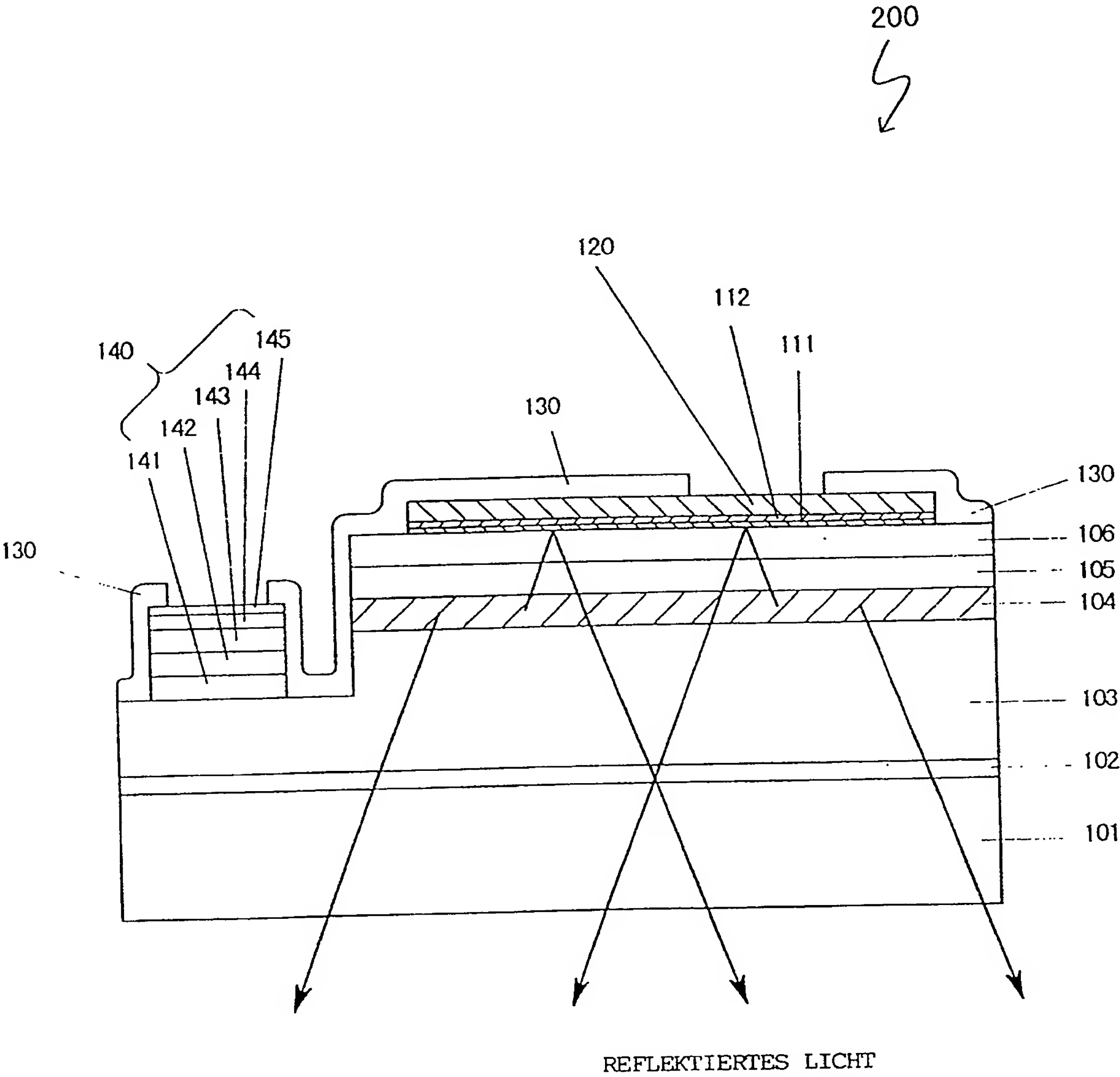


FIG. 3

NR.	TECHNOLOGIE EINTEILUNG	AUFBAU	POSITIVE ELEKTRODE	ERSTE DÜNNSCHICHT- METALL - SCHICHT	ZWEITE DÜNNSCHICHT- METALL - SCHICHT	RELATIVE LICHTSTÄRKE	HAFTFÄHIG - KEIT
1	STAND DER TECHNIK	LICHTAB - STRAHLENDE VORRICHTUNG 400	Co ( 3000 Å )	-	-	100	⊙
2			Ni ( 3000 Å )	-	-	100	⊙
3	E R F I N D U N G	LICHTAB - STRAHLENDE VORRICHTUNG 150	Ag ( 3000 Å )	-	-	160	⊙ <sup>-</sup>
3.1			Rh ( 3000 Å )	-	-	140	⊙
4		LICHTAB - STRAHLENDE VORRICHTUNG 100	Ag ( 3000 Å )	Co ( 10 Å )	-	150	○
5			Rh ( 3000 Å )	Co ( 10 Å )	-	130	○
6			Pt ( 3000 Å )	Co ( 10 Å )	-	110	○
7			Pd ( 3000 Å )	Co ( 10 Å )	-	110	○
8		LICHTAB - STRAHLENDE VORRICHTUNG 200	Ag ( 3000 Å )	Co ( 10 Å )	Au ( 150 Å )	150	⊙

⊙ : AUSGEZEICHNET    ○ : GUT    ○<sup>-</sup> : GERINGER ALS GUT, ABER BRAUCHBAR

FIG. 4

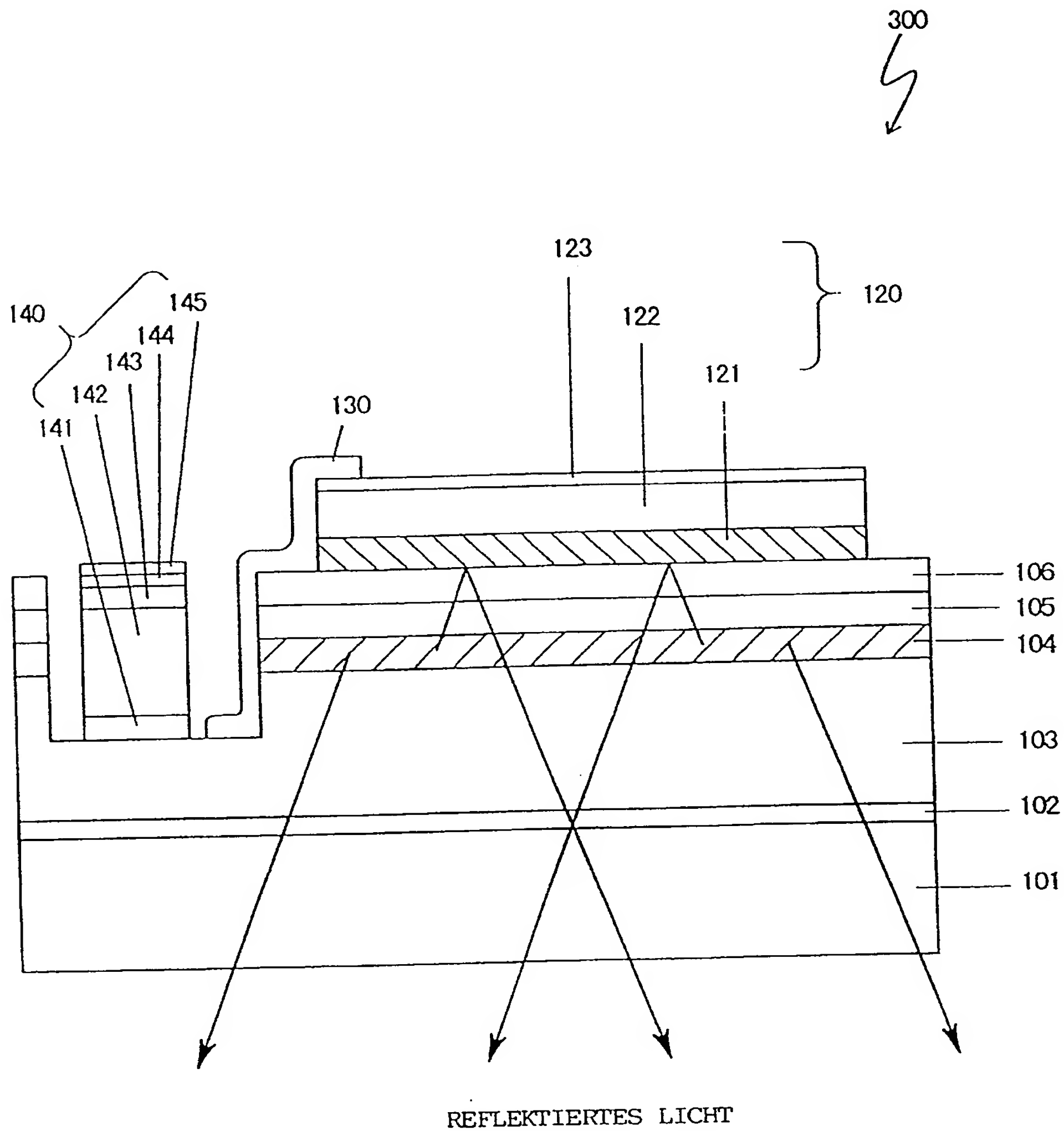




FIG. 5A

STAND DER TECHNIK		100
ERFINDUNG	Pt	160
	Rh	190

FIG. 5B

	ANFANGS- LICHT - STÄRKE	100 h SPÄTER	1000 h SPÄTER
STAND DER TECHNIK	100	80	70
ERFINDUNG	100	95	90

FIG. 6

METALL	BEWERTUNGSPUNKTE					
	①	②	③	④	⑤	⑥
Rh	⊙	⊕	⊕	⊕	○	⊙
Pt	○	○	○	○	△	○
Ru	○	○	○	○	△	○
Ag	⊙	○	△	△	△	⊖
Pd	○	○	△	○	△	⊖
Al	⊙	△	△	△	×	△
Ni	△	○	○	○	○	△
Co	△	○	○	○	○	△
Mg	○	△	○	×	△	△ <sup>-</sup>
Sn	○	×	×	△		×

⊙ : AUSGE - ZEICHNET

○ : GUT

△ : MITTEL-MÄSSIG

×

⊕ : SCHLECHT

⊕<sup>+</sup> : BESSER ALS

○<sup>-</sup> : SCHLECHTER ALS

FIG. 7

STAND DER TECHNIK

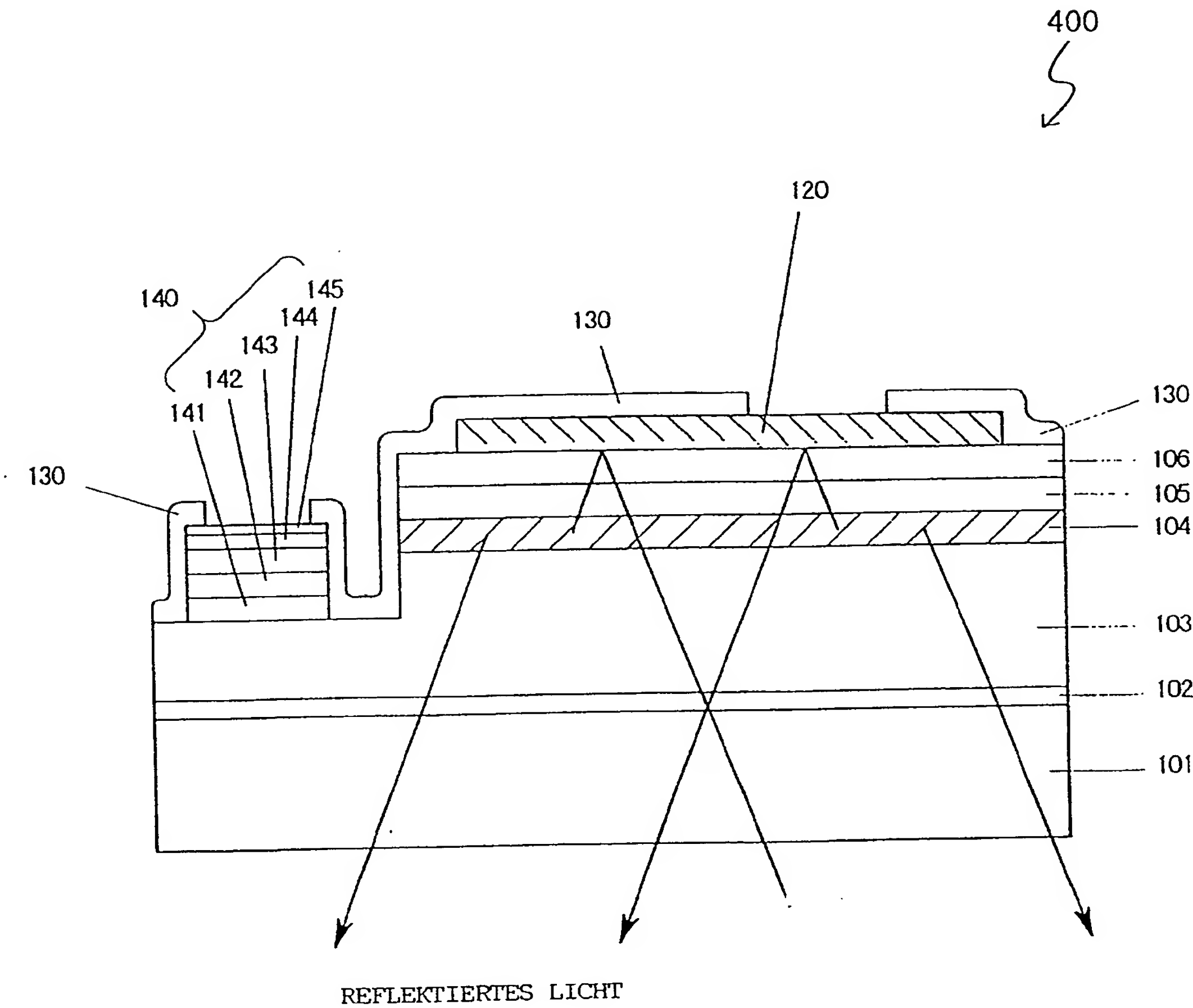




FIG. 8

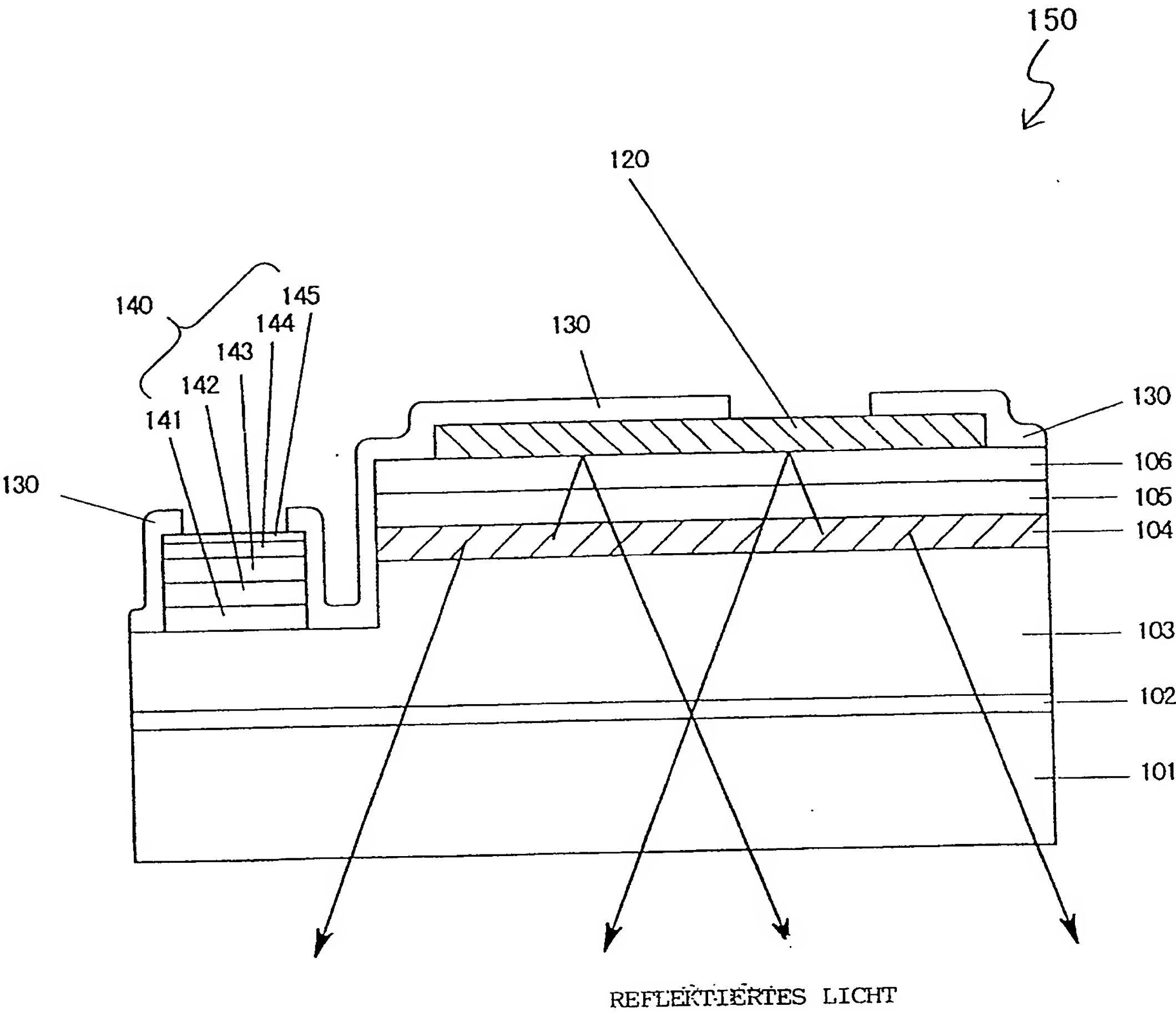


FIG. 9

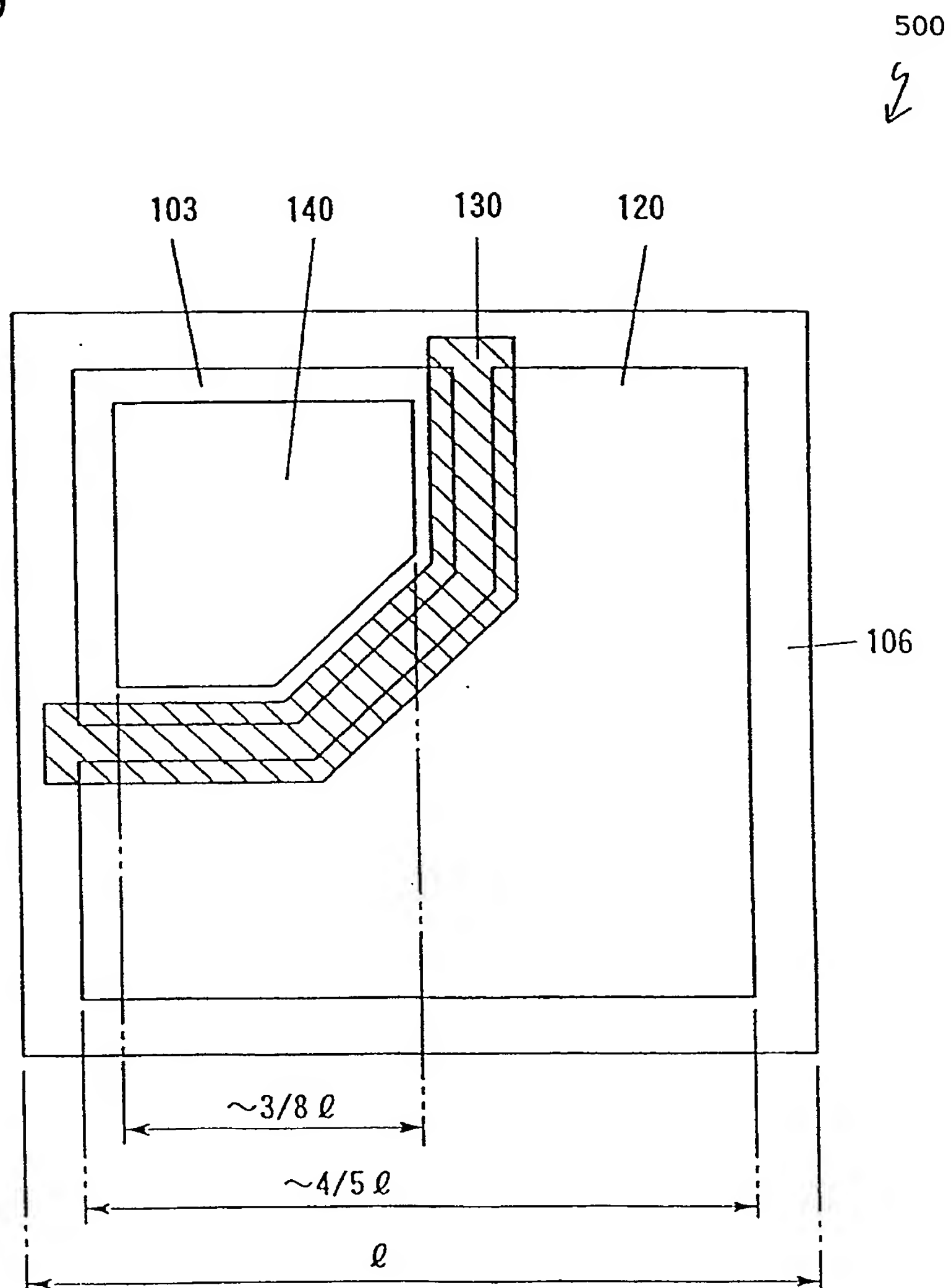


FIG. 10

